汽车自动驾驶网络体系技术探讨

摘　要：可以预见，汽车自动驾驶是未来汽车交通运输形态革命性的变革。要实现清洁、绿色、智慧交通，就要依靠5G技术、物联网技术建设道路智慧基础设施、公路物联网和数据与控制信息平台，建立全国智能自动驾驶体系。本文提出全国汽车自动驾驶路网体系构想，融合北斗全球定位导航、物联网车联网、5G通信、大数据和云计算、人工智能、微电子芯片等技术，建立全国汽车自动驾驶与管控路网系统，实现真正的汽车完全自动驾驶。

关键词：5G；物联网；汽车自动驾驶；信息交互
中图分类号：U463.6　　　　**文献标识码：**A

文 / 刘跃

随着社会的发展，科技的进步，对快捷的出行有了更高要求。建立信息时代全国超级公路网，发展智慧交通、发展绿色交通，有助于满足人民不断提高的物质文化生活需求。建立全国性智慧交通网络体系，实现真正的自动驾驶，是未来汽车交通的革命性变革。

自动驾驶路网系统，是一项惠及民生的系统性大工程，在规划、建设、推广中结合新能源汽车战略，发展清洁交通运输模式，可以有效的削减污染，实现绿色发展。

规划建设全国自动驾驶路网系统，形成新的经济增长点，提高我国的软实力，成为在“中国制造 2025”之后影响力远超中国高铁的新名片，在政治、经济、社会、国家战略方面获得巨大收益。通过率先制定自动驾驶相关产业的一揽子技术协议和相关标准，先推广、先使用、先成熟，以先发优势占领市场，形成市场领导地位，抑制竞争对手，保持领先地位，成为游戏规则的制定者，站在全球价值链的顶端。

作为未来社会智慧交通的典范，全国汽车自动驾驶路网建成以后，将使得中国与“一带一路”沿线各国在交通基础设施、区域一体化等领域有着进一步全面深化合作的可能性。普通公路将革命性的升级为满足自动驾驶的 “超级公路”，形成新一轮的高科技含量工程建设输出，“一带一路”沿线国家将会接受我国从道路智慧基础设施、公路物联网到交通控制与信息平台等高附加值成套技术产品，有助于我国产业经济转型升级，加强与周边国家经济、文化交流，建立长期合作伙伴关系，携手实现共同建设、共同发展、共同繁荣。

1. 实现汽车自动驾驶的梦想与现实困境

信息、材料和能源常被誉为人类文明的三个要素。新信息技术、新材料和新能源革命促进了汽车工业的发展，未来发展方向将是使用清洁电力能源，实现自动行驶的汽车。

按照国际汽车工程师协会（SAE）制定的汽车自动驾驶分级标准，L0 ~ L5 级由人工驾驶到完全自动驾驶逐级递进（详见表 1）。

表 1　汽车自动驾驶等级

分级	名称	定义
L0	人工驾驶（No Automation）	由人类驾驶员完成所有操作
L1	辅助驾驶（Driver Assistance）	自动系统有时候能够辅助驾驶员完成驾驶人物
L2	部分自动驾驶（Partial Automation）	凭借自动系统完成某些驾驶任务，但驾驶员需要对驾驶环境进行监控，并准备随时接管
L3	条件自动驾驶（Conditional Automation）	由车辆完成大部分驾驶操作，需要人随时接管
L4	高度自动驾驶（High Automation）	在限定道路和环境场景下，由汽车自主完成大部分驾驶操作，不需要人干预
L5	完全自动驾驶（Full Automation）	在所有交通场景下，由车辆自主完成所有驾驶操作，完全不需要人干预

目前，各主流汽车自动驾驶研究单位推出的模式中，技术路线侧重于单车的独立行驶，通过视频摄像头、雷达传感器以及激光测距器等技术设备，来获取路面交通状况和指示信号，借助专门详尽的电子地图进行导航，模仿人类驾驶的方式实现在路面上的自动驾驶，最好的情况下也只能达到 L2 或 L3 一级。由各个公司、商业机构主导的汽车自动驾驶研究思路，因其内在局限性，特定简易环境下的路测中就不断出现各种重大人身伤亡事故，如果路上大部分车辆都是无人驾驶，交通将会变成一场灾难。诚然，技术需要完善，但是问题的本质在于这种路线模式的固有缺陷。按照现在的技术路线，要实现安全便利的自动驾驶出行，向 L4 甚至 L5 级发展，将是不可能达成的任务。

因此，要想真正的实现全自动化驾驶，就要将乘客、

车辆、道路、信号等交通诸元整合起来，建立全局化、系统化、网络化、智能化的自动驾驶体系，建立全国性汽车自动驾驶路网系统，实现汽车交通运输革命性跨越。

2. 全国汽车自动驾驶与管控路网系统构想

2.1 体系架构概述

真正实现安全、高效、便捷、舒适的将驾驶员完全解放出来的汽车自动驾驶出行方式，需要国家主持的顶层设计，建立统一的规范、标准，建立全国汽车自动驾驶与管控路网系统。

全国汽车自动驾驶与管控路路网系统，是以先进的传感器技术、通信技术、数据处理技术、网络技术、自动控制技术、信息发布技术等有机地结合起来的，智能化、信息化、网络化的路面交通全要素动态、实时综合管理控制体系，是基于北斗导航系统、全国道路物联网网络下的汽车自动驾驶网络体系。

2.1.1 该系统由以下七大基本模块组成：

（1）建立全国交通信息数据存储交换和交通管理调度控制中心，实现对交通参与对象的信息收集、处理、发布，实现对地面交通的规划、控制和管理等；

（2）建立以车辆交通管理为核心的物联网，按照约定的通信协议和数据交互标准，通过无线通信网将道路交通参与各方联系在一起，实现信息实时交换；

（3）物联网覆盖下的经过信号与系统改造、规范的全面信息化的道路及沿路固定交通设施，能不断采集路面交通参与者信息，并向其发布指令和反馈信息；

（4）智能交通参与车辆，具备独立辅助驾驶及应急避让功能，行车状态由汽车芯片、电子机械系统精确控制，具备周边环境监测紧急预警功能，具有移动数据双向交换能力，可将车辆行驶速度、加速度、方位、方向等通过物联网实时上传到最近信息交换节点；

（5）北斗导航系统和北斗地基增强系统（暨北斗 CORS），该系统实现覆盖全路面的厘米级以上高精度车辆定位；

（6）行车电子地图。电子地图是基础地理信息系统的重要组成部分，主要是用于路径的规划和导航功能上的实现。电子地图导航要配合北斗系统来进行。

（7）注册与管理机构。在自动驾驶路网系统道路上运行的车辆，需要通过注册，精细化管理。对于“驾驶”自动驾驶模式下车辆的驾驶员，也需要通过培训考试，注册这一新型准驾车型。

全国汽车自动驾驶与管控系统路网建成后，通过云存储、云计算技术，物联网技术、北斗系统与电子地图配合的定位导航技术，实现一张全国地面公路交通路网，所有交通参与单位在统一指挥调度下有序运行。从驾驶员 / 乘员角度将是完全自动驾驶，实现并超越 L5 级标准，从上路行驶的车辆角度看，车辆运行是受到精确制导、严格管控的。

2.2 汽车自动驾驶全国路网与管控系统各部分技术功能及其实现

下面就全国汽车自动驾驶与管控系统各组成部分实现的详细功能，分别加以具体阐述。

2.2.1 电子地图

自动驾驶汽车需要高精度电子导航地图系统，精度至少达到 10 厘米才能配合实现 L5 级自动驾驶模式。目前通用的民用电子地图精度还达不到要求，需要对全国道路系统进行高级精度地图采集，建立覆盖全国的二维、三维导航地图。

可以从卫星城镇试点，测绘完成高精度地图，建立高精度地图导航区域，实施路面测试，再逐步扩展。

2.2.2 北斗系统及地面增强系统

当前，全球共有四大卫星导航系统，既美国 GPS、俄罗斯 GLONASS(格洛纳斯)、欧盟的 Galileo(伽利略) 以及我国的北斗 (BDS)。全球卫星导航定位系统，主要提供位置信息，尤其是经度纬度和高度这样的三维信息，提供实时、全天候和全球性的导航服务。而电子地图，如百度、高德等主要提供基于位置的信息服务。

建立全国汽车自动驾驶综合路网，首选自主知识产权的北斗卫星导航系统，这包含着国家安全也是从实际应用角度考虑的。

目前北斗定位已进入第三阶段，2018 年 12 月 27 日开始提供全球服务，北斗三号基本系统完成建设。我国将在 2020 年建成由 30 颗北斗卫星组成的全球导航定位系统，在完成全球组网之后，北斗系统的覆盖范围和性能都将大幅提升。

北斗地基增强系统是导航应用的核心，是基于北斗的一体化快速、高精度应用服务体系。它是利用多基站网络载波相位差分技术建立的连续运行卫星定位服务综合系统（CORS）。当前，北斗地基增强系统已完成基本系统的研制建设，具备为用户提供广域实时米级、分米级、厘米级和后处理毫米级定位精度的能力。北斗导航地面增强系统基本方案已确定，全国范围内将建数百个基站，实现全国广域的精确定位。

基于北斗卫星导航系统和北斗导航地面增强系统，可以在我国地面上厘米级高精度定位，提供定位、测速、授时服务；可以实现道路规划、道路导航和转弯指示，与传感器的结合还能支持室内导航。

北斗导航技术与地基增强技术、车辆物联网等技术融合，能够有效提升时空信息的精确度，满足高精度、高频次时空信息需求。

2.2.3 全国公路物联网

公路物联网是能够实现智能化交通管理、智能动态信息服务和车辆智能化控制的一体化网络，是物联网技术在交通系统领域的典型应用。

汽车与道路上其他单元之间无线通讯，指的是车与

路侧设施、设备之间的短距离无线通信，包括汽车与其他车辆、路侧设备、基础设施以及行人等。通过公路物联网，道路上一系列交通信息就汇聚到交通信息中心，并让交通参与对象互相能“看见”彼此，更合理调度安排交通，实现智慧交通。

全国汽车自动驾驶与管控系统路网的信息指挥控制节点，在通过北斗系统实现车辆高精度定位前提下，结合电子导航地图系统的高精度基础地理数据，根据“辖区”管控下的每一辆汽车通过无线物联网发回的识别信息、车辆状态信息、行驶意图等，向道路上行驶的车辆提供其周边的车辆信息。路上自动驾驶状态下行驶的车辆，对与之临近的一定距离内车辆距离自己的距离，对周围车辆的行驶方向角、车速、加速度及路线等一目了然，“知己知彼”。结合智能公路系统，每辆汽车电子感知系统对路上交通参与者和固定交通设施实现三维立体的探测和归类。

同时，该信息指挥控制节点也根据“辖区”交通状态信息、车辆自身属性信息和驾驶意图运算给出行驶指令，车辆根据信息指挥控制节点给出的指令，在自身计算机电子行车系统控制下，以既定车道、方向角度、速度、加速度，在车水马龙中流畅的行进。

5G、6G 的发展将满足全国汽车物联网高级应用多样化需求。反过来，发展汽车自动驾驶网络系统也会促进 5G、6G 的发展应用。

2.2.4 智能基础设施暨公路系统改造

进行公路系统改造，使之适应汽车自动驾驶需求，成为全国公路物联网的一部分。道路基础设施经过智能改造建设，道路上隔离非机动车辆与行人，道路流量综合感知与红绿灯系统联动，提升道路运行效率和安全水平。在道路上形成电子及视觉信息标记串供车辆感知所在位置和周围环境，车载计算机可以据此构建小范围详细三维地图。更进一步的，这样的智慧交通设施可以延伸进入社区、楼宇，进入地下停车场等。

沿路移动网络通信畅通，实现区域内精确的信息，诸如道路作业施工、交通管控限行、道路事故及处置、路面障碍物等实时搜集并发送到最近的上一级交通调度中心节点，而上一级交通调度中心节点也将与某路段相关的交通信息、管控信息等向下分发到该路段。届时，汽车导航电子地图上，各种交通信息一目了然，合理规划出行路径。

按照此体系，高速公路区间收费站可以取消，高速公路智能化，驶入驶出时间、路线、以及上下高速点及中间关键点（高速交叉点等）的自动记录，届时电子统计收费账单自动发送、扣费，提高物流效率，解放社会生产力。

这样的智能公路系统即便是非自动驾驶汽车也可以获得各种便利的交通服务。

2.2.5 交通信息中心与交通控制中心

未来车辆在地面行驶将会依照规范化路径，按照需求形成行车计划，就像乘坐火车一样，在全国汽车自动驾驶与管控路网中遵照交通控制中心的调度指令，驶往目的地。

在全国路网总交通控制中心下，依次在全国划分几个大区路网，建立大区交通控制中心，在大区下再分省（市）级别路网，建立省（市）级交通控制中心，依次建立区域中心、区片中心，一直到沿路间距一定距离的调度节点。依靠云计算、云存储，实现交通规划计算和交通数据信息、指令信息的存储分发。

交通信息控制系统与卫星导航系统、电子地图、车辆物联网系统相结合，可以实现车辆跟踪和交通管理等诸多功能。

2.2.6 计算机电子自动行车系统

这里的计算机电子行车系统，指的是按照行车指令来操控汽车行驶的系统。

依靠无线汽车物联网和智能交通设施提供交通信息和指令信号，上路的自动驾驶汽车按照全国路网的交通控制中心“批复”的规划路径，在北斗导航及地面增强系统指引下，参照电子地图，形成一连串的行车指令，在汽车行车电脑控制下完成起步、加速、转弯、超车并线、停泊、加油（充电）、送检等工作。

计算机电子自动行车系统的核心是车载行车控制芯片单元，具备接收外部信息并处理后，向车辆各个控制组块发出行车指令进而控制车辆的功能，具备与车载物联网芯片单元以及交通控制中心、交通信息中心通信功能。这部分需要拥有全部核心知识产权。

2.2.7 辅助行车预警避让系统

为了增加安全性，还需要车辆自身拥有独立探测、预警、避让系统，加入自动驾驶路网的汽车可以选装相机、毫米波雷达、激光探测与测量装置、前置运算处理器及惯性导航装置，实现对路面障碍物、突发情况的预警监控，及时控制车辆采取合理避让操作措施，增强主动安全性。

同时，相关突发路况信息，也通过移动互联网向最近交通节点报告，由交通节点对突发情况，包括障碍类型、位置信息、危险等级等提前向附近所有车辆发出警告，让后续车辆处理规避。

2.2.8 车辆注册管理系统

加入全国自动驾驶路网系统运行的车辆，需要符合基本的技术标准，并预先注册，获得准入资格证书。

一款汽车在研制生产时，需取得全国自动驾驶路网准入资格，车辆需配有车载控制芯片和车辆物联网芯片，参照统一的通信协议和数据交互标准来进行无线数据通讯和识别，满足在全国自动驾驶路网系统道路上自动行驶的要求。登记汽车自身基本性能信息，如外廓三维尺寸、轴距、轮距、最小离地间距、纵向通过半径、横向通过半径、最小转向半径、自重、座位数、制动参数、油箱容积（电池容量）和油耗参数等等。

全国汽车自动驾驶与管控路网系统将获得准入资格的车型录入数据库中存储，这样的车辆才可联入自动驾驶

路网物联网，实现车辆识别、定位、通讯，准许上路通行。

新购入具备自动驾驶路网准入资格的汽车，需要注册后方能启动自动驾驶功能。车辆的保养年检、保险、所有人、被授权驾驶人等注入车辆信息芯片中，同时也存储在全国交通信息数据存储云平台上。

2.2.9 人员注册管理系统

每一位驾驶员需领取芯片式驾驶执照 ID。人们需要学习如何使用自动驾驶系统，考取自动驾驶执照，并存储在驾照芯片 ID 中，注明自动驾驶准驾类型等信息。驾车时，驾驶者的芯片 ID 通过车辆的核验后才可发动起来。芯片分自动驾驶和自动与人工兼容类别，赋予人们可以使用不同的模式“驾驶”车辆。

3. 全国自动驾驶网络体系下出行基本模式

3.1 手机 APP 日常管理汽车

在自动驾驶时代，个人使用手机就可以方便调度已绑定授权的汽车。人员与车辆在全国汽车自动驾驶与管控系统路网注册后，在全国路网专用 APP 中登录认证后，实现人、车、路网融合。

通过专用 APP，可以在线实时查找车辆，了解车辆各种状况，调度车辆到指定地点。

3.2 出行规划

驾驶者通过全国自动驾驶路网 APP 提交出行计划，采用自动或人工方式规划线路。

（1）自动线路规划

驾驶者确定起点、目的地和途中停靠休息点，由全国路网交通控制中心云计算平台自动设计最佳及备选的几条行驶路线，供驾驶者选择。

（2）人工线路规划

由驾驶员自己初步制定路线；或者依靠车载计算机 / 手机，使用行车电子导航地图进行线路设计规划。人工规划的线路完成后，按照就近原则提交全国路网基层交通控制中心。自动线路规划的线路，或经过复核后批准的人工路线，作为“路书”注入汽车行车操作系统，才可以执行自动驾驶动作。每一个行车线路计划及包含各种基本信息，提交到路网相关各级交通信息中心，存储在云平台。交通信息中心与交通控制中心紧密配合，各司其职。

3.3 上路行驶

每一辆车与智能道路设施，与周边行驶中车辆与交通控制中心、交通信息中心，在 5G 网络支持下进行实时信息交换，实现智慧交通管理，动态获取智能化信息服务，实现完全自动驾驶。

自动驾驶汽车上路后，可以精确的感知自身位置，对周边交通设施及周围车辆能建立动态三维数据模型，根据自己的行驶意图，实现文明驾驶，做出例如排队等候、超车、并线、加速、减速、转弯等等动作。它的行驶意图和一系列动作信息，在最近的基层交通信息平台中获得扩散而被周围交通参与对象感知。

3.4 途中管理

在驾车途中，可能需要临时停车、变更线路以满足人们或者车辆自身的各种基本需求，还可能由于个人原因或突发情况导致计划变更。途中，车辆可以接收驾驶员发出新的指令，或者接受最近交通控制中心的管制指令，调整任务。

在全国道路汽车物联网建成后，各种道路设施、附属资源情况，可以通过交通信息服务中心查询到，并提前申请配给占用，实现精细化、精确化管理。

车辆自身自检功能可能会发出各种预警，必要时进入服务区内进行检测维修。自动驾驶途中可能会有乘客中途上下车，或者旅行时间较长需要定时去休息区（服务区）休息。乘客甚至可以下来休息购物，看场电影后再上路。

3.5 到达

自动驾驶车辆驶入导航电子地图及交通信息中心内登记标注的地上或地下车库内，然后人员锁车离开。有时候目的地（下车地点）是比较规范的满足自动驾驶车辆临时停靠落客的区域。比如上下车在智慧型停车岛，即停即走，驾驶员（乘客）下车，在手机 APP 上确认后汽车自行行驶到自动化停车场或者智能立体车库停车。

4. 应用场景畅想

自动驾驶功能将会带来交通领域的一场革命，就像蒸汽机的发明，开启了火车时代。

物流企业的公路运输，矿山企业运输，城区公交、城际长途客运以及固定线路的班车，都实现自动驾驶后，可以将驾驶员从辛勤操作中解放出来。

日常出行模式的变化。在郊区、非中心城区与中心城区交界的地方，在落客区下车，所乘车辆自己寻找停车场地停车等待或者自行回家，人们换乘大批量公共交通工具或私人租赁交通工具进入市区中心地带。充分利用各种交通资源，减少路面车辆，给人们提供更便捷省心的出行。大城市中心地带减少路面汽车保有量，节能减排，缓解拥堵，提高地面汽车利用效率。如果全部转换为新能源车还可以减少中心城区的大气污染，大幅提高空气质量。

旅游或者异地出行，就和在本地一样。在机场、码头等集散地，无论会不会开车的人，都可以方便的自助租车，实现与航空、海运接驳。在旅游城市、景区，自驾的概念将更改为租用自动驾驶汽车，按自己的计划和兴趣偏好自由行。中短途旅行或商务活动，人们可以坐着车边欣赏风景或办公边驶向目的地，没有途中驾驶之辛苦。

如果新能源汽车结合以无线方式供电、供能，一些车辆就可以长期自主在线运行，提高使用效率，而且不用电池或者只用配备小容量电池组，减少废弃电池处理造成的环境污染。媒

（作者单位：新华社技术局）